

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 95147933

H01L 27/08 (2006.01)

※ 申請日期： 95.11.7

B32B 27/00 (2006.01)

※IPC 分類：H01L 27/00 (2006.01)

H01L 51/50 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H01L 51/40 (2006.01)

作為N型半導體材料之經N,N'-二環烷基取代之以萘為主的四羧酸二醯
亞胺

N,N'-DICYCLOALKYL-SUBSTITUTED NAPHTHALENE-BASED
TETRACARBOXYLIC DIIMIDES AS N-TYPE SEMICONDUCTOR
MATERIALS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商柯達公司

EASTMAN KODAK COMPANY

代表人：(中文/英文)

馬克 G 波克伽帝

BOCCHETTI, MARK G.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國紐約州羅徹斯特市史谷特街343號

343 STATE STREET ROCHESTER, N.Y. 14650, U. S. A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 5 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 迪帕可 蘇可拉
SHUKLA, DEEPAK
2. 戴安 C 弗瑞曼
FREEMAN, DIANE C.
3. 旭比 F 尼爾森
NELSON, SHELBY F.
4. 傑佛瑞 T 凱利
CAREY, JEFFREY T.
5. 溫蒂 G 艾恩
AHEARN, WENDY G.

國 籍：(中文/英文)

1. 印度 INDIA
2. 美國 U.S.A.
3. 美國 U.S.A.
4. 美國 U.S.A.
5. 美國 U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2005年11月22日；11/285,238

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

一種薄膜電晶體，其包含一有機半導體材料之層，該有機半導體材料包含具有附著至各醯亞胺氮原子之經取代或未經取代之脂環系統，其視情況經推電子基取代的以萘為主之四羧酸二醯亞胺化合物。該等電晶體可進一步包含間隔分離的第一及第二接觸構件或與該材料接觸之電極。本發明進一步揭示一種用於製造一有機薄膜電晶體裝置之方法，較佳地藉由昇華沈積於一基板上來製造，其中基板溫度不超過100℃。

六、英文發明摘要：

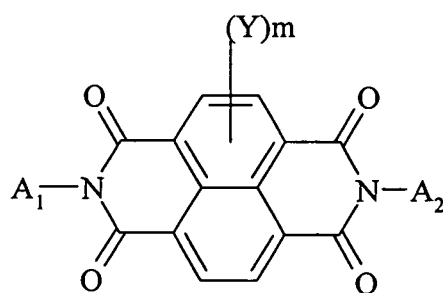
七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

20	源電極
28	基板
30	汲電極
44	閘電極
56	閘極介電
70	半導體

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：



I

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於使用經N,N'-二環烷基取代之萘-1,4,5,8-雙(二羧甲醯亞胺)化合物作為用於薄膜電晶體之n通道半導體膜中的半導體材料。本發明係關於此等材料在電子裝置之薄膜電晶體中之用途及製造該等電晶體及裝置的方法。

【先前技術】

薄膜電晶體(TFT)廣泛用作電子裝置中之開關元件，例如在主動矩陣液晶顯示器、智慧卡及多種其他電子裝置及其組件中。薄膜電晶體(TFT)為場效電晶體(FET)之一實例。FET之熟知實例為金屬-氧化物-半導體-FET(MOSFET)，一種用於高速應用之當前習知之開關元件。目前係使用非晶矽作為半導體來製造最薄之膜裝置。非晶矽為結晶矽之較廉價替代物。此事實對於降低大面積應用中電晶體之成本係尤其重要的。但是，非晶矽之應用係限於相對低速裝置，因為其最大遷移率($0.5-1.0 \text{ cm}^2/\text{V sec}$)比結晶矽之最大遷移率小1000倍。

儘管非晶矽比用於TFT中之高度結晶矽便宜，但非晶矽仍具有其缺陷。在電晶體製造期間，非晶矽之沈積需要諸如電漿增強化學氣相沈積之相對昂貴的方法及高溫(360°C)以達成足以用於顯示器應用之電學特徵。該等高處理溫度不允許使用由某些可另外希望用於諸如可撓性顯示器之應用中的塑料製成之基板來進行沈積。

在過去十年中，已注意到有機材料可作為諸如用於TFT

半導體通道中之非晶矽之無機材料的潛在替代物。有機半導體材料處理更為簡單，尤其可溶於有機溶劑中之彼等材料且因此能夠藉由諸如旋塗法、浸塗法及微接觸式印刷之相對廉價方法而應用於較大面積。此外，有機材料可在較低溫度下沈積，以開發用於可撓性電子裝置之各種基板材料，包括塑料。因此，由有機材料製成之薄膜電晶體可視為用於顯示器驅動器、手提電腦、呼叫器、處理卡中之記憶體元件中的塑性電路之潛在關鍵技術，其中易於製造、機械可撓性及/或中等操作溫度為重要考慮事項。

例如，用作TFT中的潛在半導體通道之有機材料揭示於Garnier等人的題為"Thin-Layer Field-Effect Transistors with MIS Structure Whose Insulator and Semiconductors Are Made of Organic Materials"之美國專利第5,347,144號中。

主要致力於發現可用於TFT中以提供電子組件中之開關及/或邏輯元件的新型有機半導體材料，在該等開關及/或邏輯元件中多種元件需要充分超過 $0.01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之顯著遷移率及大於1000之電流開/關比率(下文中稱作"開/關比率")。具有該等特性的有機TFT能夠用於諸如顯示器之像素驅動器及辨識名牌之電子應用。雖然展示出此等所要特性的大多數化合物為"p型"或"p通道"，但此意謂相對於源極電壓應用負閘極電壓以誘導裝置之通道區域中之正電荷(電洞)。

作為p型有機半導體材料之替代物，N型有機半導體材料

可作為p型有機半導體材料之替代物用於TFT中，其中術語"n型"或"n通道"指出相對於源極電壓應用正閘極電壓以誘導裝置之通道區域中之負電荷。

此外，TFT電路之一種重要形式被稱作互補電路，除p型半導體材料以外其亦需要n型半導體材料。見Dodabalapur等人之"Complementary circuits with organic transistors" Appl. Phys. Lett. 1996, 69, 4227。詳言之，互補電路之製造需要至少一個p通道TFT及至少一個n通道TFT。使用互補電路架構已實現諸如反相器之簡單組件。相對於普通TFT電路，互補電路之優勢包括較低功率消耗、延長壽命及較佳雜訊耐受性。在該等互補電路中，常需要n通道裝置具有與p通道裝置之遷移率及開/關比率類似大小之遷移率及開/關比率。如Dodabalapur等人(Appl. Phys. Lett. 1996, 68, 2264)所述，吾人已知使用有機p型半導體及有機n型半導體之混合互補電路，但對於製造簡易性而言，在該等電路中可能需要有機n通道半導體材料。

僅少數有機材料已發展為用作TFT中之半導體n通道。一種該材料(苐(buckminsterfullerene)C₆₀)展示出 $0.08 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之遷移率，但被視為在空氣中不穩定。見R. C. Haddon, A. S. Perel, R. C. Morris, T. T. M. Palstra, A. F. Hebard及R. M. Fleming, "C₆₀ Thin Film Transistors" Appl. Phys. Lett. 1995, 67, 121。全氟化銅酞菁具有 $0.03 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之遷移率，且通常對於空氣操作穩定，但基板應加熱至 100°C 以上之溫度以使此材料中之遷移率最大化。見"New Air-Stable n-

Channel Organic Thin Film Transistors", Z. Bao, A. J. Lovinger及J. Brown, J. Am. Chem. Soc. 1998, 120, 207。亦已報導其他n通道半導體，包括某些基於萘構架之n通道半導體，但其遷移率較低。見Laquindanum等人，"n-Channel Organic Transistor Materials Based on Naphthalene Frameworks," J. Am. Chem. Soc. 1996, 118, 11331。這一種以萘為主的n通道半導體材料(四氰基萘醌二甲烷(TCINNQD))能夠在空氣中操作，但該材料顯示低開/關比率且亦難以製備及純化。

使用其中源電極及汲電極在半導體頂部之頂部接觸組態裝置，亦已證明基於萘芳族構架之芳族四羧酸二醯亞胺作為n型半導體可提供高達 $0.16 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 的n通道遷移率。可相當之結果可由底部接觸裝置獲得，底部接觸裝置亦即其中源電極及汲電極在半導體下面，但需要在必須為金之電極與半導體之間應用硫醇底層。見Katz等人 "Naphthalenetetracarboxylic Diimide-Based n-Channel Transistor Semiconductors: Structural Variation and Thiol-Enhanced Gold Contacts" J. Am. Chem. Soc. 2000 122, 7787；"A Soluble and Air-stable Organic Semiconductor with High Electron Mobility" Nature 2000 404, 478；Katz等人，European Patent Application EP1041653 或 US 6,387,727。在無硫醇底層存在時，發現Katz等人之化合物遷移率比在底部接觸裝置中低數個數量級。Katz等人之美國專利第6,387,727 B1號揭示稠環四羧酸二醯亞胺化合

物，其一實例為N,N'-雙(4-三氟甲基苄基)萘-1,4,5,8,-四羧酸二醯亞胺。該等化合物為更易還原之顏料。Katz等人之美國專利第6,387,727 B1號中所報導的N,N'-二辛基萘-1,4,5,8-四羧酸二醯亞胺之最高遷移率介於0.1與0.2 cm^2/Vs 之間。

使用脈衝輻射分解時差式微波傳導性量測，在具直鏈烷基側鏈之萘四羧酸二醯亞胺之膜中量測到相對較高的遷移率。見Struijk等人"Liquid Crystalline Perylene Diimides: Architecture and Charge Carrier Mobilities" J. Am. Chem. Soc. Vol. 2000, 122, 11057。

Dimitrakopoulos等人之美國專利公開案第2002/0164835 A1號揭示與以萘為主的化合物相比由芘四羧酸二醯亞胺化合物製成的改良n通道半導體膜，該等芘四羧酸二醯亞胺化合物之一實例為N,N'-二(n-1H,1H-全氟辛基)芘-3,4,9,10-四羧酸二醯亞胺。在二醯亞胺結構中附著至醯亞胺氮之取代基包含烷基鏈、缺電子烷基、缺電子苄基、較佳具有4至18個原子長度之鏈。基於用作有機半導體之具芘構架之材料的裝置導致低遷移率，例如芘四羧酸二酸酐(PTCDA)為 $10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 且NN'-二苯基芘四羧酸二醯亞胺(PTCDI-Ph)為 $1.5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 。見Horowitz等人之"Evidence for n-Type Conduction in a Perylene Tetracarboxylic Diimide Derivative" Adv. Mater. 1996, 8, 242及Ostrick等人之J. Appl. Phys. 1997, 81, 6804。

Marks等人之美國專利公開案第2005/0176970 A1號揭示

由單及二醯亞胺芘及萘化合物(N-及核經吸電子基取代)製成之改良n通道半導體膜。在二醯亞胺結構中附著至醯亞胺氮之取代基可選自烷基、環烷基、經取代環烷基、芳基及經取代芳基部分。然而，Marks等人並未認識到使用醯亞胺氮上之環烷基的任何優勢。因此，由含有N-辛基及N-環己基之芘二醯亞胺獲得之遷移率實際上難以分辨(第10頁，第1行，實例10)。此外，Marks等人之美國專利公開案第2005/0176970 A1號中所報導之最高遷移率為 $0.2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 。Marks等人並未展示關於萘化合物之試驗資料，但要求其核經二氰基雙取代。

如上所論述，已製備多種1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺且測試n型半導體特性。一般而言，使用頂部接觸組態之裝置，此等材料作為n型半導體已提供高達 $0.16 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 的n通道遷移率。在此項技術中需要用於電晶體材料之新型及經改良有機半導體材料及用於其製造及用途之改良技術。尤其需要在有機薄膜電晶體裝置中展示出顯著遷移率及電流開/關比率之n型半導體材料。

詳言之，帶烷基之與1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺相比較展現出優良n型半導體特性之1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺合乎需要。

【發明內容】

本發明係關於經N,N'-二環烷基取代之萘-1,4,5,8-雙(二羧甲醯亞胺)化合物之n通道半導體膜用於有機薄膜電晶體中，該等化合物具有非氰化萘核及在環上具有4至10個碳

之脂族碳環系統(亦即脂環基)(例如在環上具有6個碳原子之環己基環)，該系統直接附著至(或經取代至)兩個醯亞胺氮中之每一者。該兩個脂環系統可獨立地經取代或未經取代。在一或兩個脂族碳環系統上之可選取代包括推電子基。由該等化合物製成之半導體膜能夠以薄膜形式展示出高達 $4.0\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之有效場效電子遷移率。該等半導體膜亦能夠提供在至少 10^5 範圍內之裝置開/關比率。

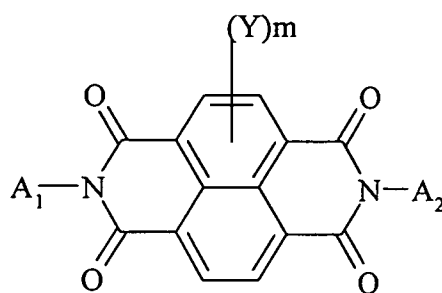
本發明之一實施例係關於該等n通道半導體膜在有機薄膜電晶體中之用途，各電晶體包含連接至n通道半導體膜之間隔分離的第一及第二接觸構件。第三接觸構件可與第一及第二構件分隔且經調適以借助於施加至第三接觸構件之電壓來控制第一與第二接觸構件之間經過該膜的電流。第一、第二及第三接觸構件可對應於場效電晶體中之汲電極、源電極及閘電極。

本發明之另一態樣係關於一種用於製造薄膜電晶體之方法，較佳藉由將n通道半導體膜昇華或液相沈積至基板上來進行製造，其中在沈積期間，基板溫度為不超過 100°C 之溫度。

更特定言之，本發明係關於一種在薄膜電晶體中包含有機半導體材料薄膜之物品，該有機半導體材料包含經N,N'-二環烷基取代之萘-1,4,5,8-雙(二羧甲醯亞胺)化合物，該化合物具有附著至各醯亞胺氮原子之經取代或未經取代脂族碳環(脂環)系統。若一或兩個環經取代，則在經取代之各環上的取代基包含至少一個有機推電子基。因

此，若在兩個碳環系統上均存在一或多個取代基，則兩個環中之每一者上的取代基包含至少一個推電子基。更佳地，在兩個脂環系統上之所有取代基均為推電子基。

在本發明之一實施例中，用於本發明中之經N,N'-二環烷基取代之以萘為主的四羧酸二醯亞胺化合物由以下通式結構I來表示：



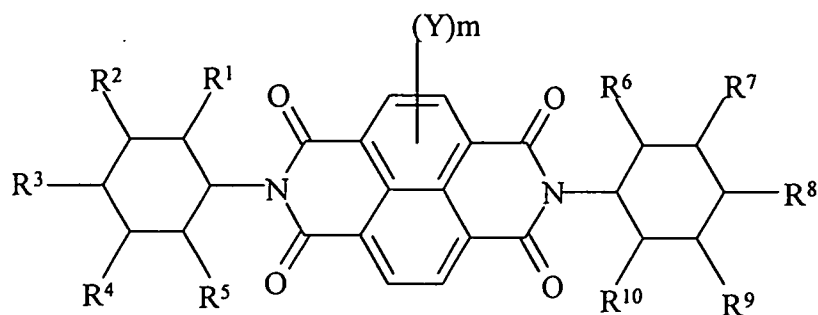
I

其中，A₁及A₂獨立地為在環中包含4至10個碳之經取代或未經取代脂環系統。較佳地，該等脂環系統為非橋式單環或橋式雙環系統。脂環系統之實例包括環丁基、環戊基、環己基或環庚基及諸如雙環[4.4.0]癸烷之橋式脂環烴系統。

在上述結構I中，第一及第二二羧酸醯亞胺部分在萘核之1,4及5,8位置上附著於萘核之對側。萘核可視情況經多達4個獨立選擇之Y基取代，其中m為0至4之任何整數。較佳地，Y基獨立地選自不影響由該等化合物製成之膜的n型半導體特性之推電子基(或至少並非吸電子基)。

在一尤其有用之實施例中，可用於本發明中之含氟N,N'-環烷基取代之以萘為主的四羧酸二醯亞胺化合物由

結構II來表示：



II

其中 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 、 R^5 (在第一環己基環上) 及 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} (在第二環己基環系統上) 各自獨立地為 H 或有機推電子基，但允許環系統上之任何兩個相鄰 R 基可視情況組合，以形成作為橋式環系統之部分的經取代或未經取代 4 至 6 員脂環。

有利地，為獲得高遷移率，用於本發明之電晶體裝置中的 n 通道半導體膜未必需要連接至膜之第一及第二接觸構件的先前處理。此外，用於本發明中之化合物具有顯著揮發性以致必要時可在有機薄膜電晶體中使用氣相沈積將 n 通道半導體膜應用於基板。

如本文所用，"一"或"該"可與"至少一個"交替地使用以意謂"一或多個"經修正元件。

如本文所用，術語"在上方"及"在下方"及其類似術語(關於有機薄膜電晶體中之層)係指層之次序，其中有機薄膜層在閘電極上方，但未必指出該等層直接相鄰或無中間層。

【實施方式】

典型有機薄膜電晶體之橫截面圖展示於圖1及2中，其中圖1說明典型底部接觸組態且圖2說明典型頂部接觸組態。

在圖1及2之實施例中之各薄膜電晶體(TFT)含有源電極20、汲電極30、閘電極44、閘極介電56、基板28及以使源電極20連接至汲電極30之膜的形式用於本發明之半導體70，該半導體包含選自本文所述之經N,N'-二環烷基取代之萘-1,4,5,8-雙(二羧甲鹽亞胺)化合物種類的化合物。

當TFT以積累模式操作時，自源電極注入半導體之電荷為可移動的且電流自源極流至汲極，主要在半導體介電界面之100埃內的薄通道區域中。見A. Dodabalapur, L. Torsi H. E. Katz, Science 1995, 268, 270。在圖1之組態中，僅需要自源電極20側向注入電荷以形成通道。在無閘場存在下，通道理想地具有較少電荷載流子；結果，理想地並無源極-汲極傳導。

關電流之定義為當並未有意地藉由施加閘極電壓而將電荷注入通道內時在源電極20與汲電極30之間流動的電流。對於積累模式TFT而言，假定一n通道，當閘極-源極電壓比稱為臨限電壓之某一電壓更具負性時，此電流出現。見Sze之Semiconductor Devices-Physics and Technology, John Wiley & Sons (1981)，第438-443頁。開電流之定義為當有意地藉由向閘電極44施加適當電壓而在通道中積累電荷載流子時在源電極20與汲電極30之間流動的電流，且該通道為導電的。對於n-通道積累模式TFT而言，當閘極-源極電壓比臨限電壓更具正性時，此電流出現。對於n-通道操作

而言，需要此臨限電壓為零或稍微為正的。藉由自閘電極44穿過閘極介電56至半導體介電介面施加及移除電場來完成開與關之間的轉換，以有效地給電容器充電。

根據本發明，當以n-通道膜之形式使用用於本發明中之有機半導體材料時，其在惰性條件下無需特定化學底層即可展示出高效能。

本發明之改良n-通道半導體膜能夠展示出大於 $0.01\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、較佳大於 $0.1\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之場效電子遷移率，該半導體膜包含本文所述之經N,N'-二環烷基取代之萘-1,4,5,8-雙(二羧甲醯亞胺)化合物，較佳為經N,N'-二環烷基-1,4,5,8-以萘為主的四羧酸二醯亞胺化合物。包含本發明之化合物的膜更佳地展示出大於 $1.0\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之場效電子遷移率。

另外，用於本發明中之n-通道半導體膜能夠提供至少 10^4 之開/關比率，最好為至少 10^5 。當自0至80伏特掃描閘極電壓且使汲極-源極電壓保持80伏特之恆定值，且使用二氧化矽閘極介電時，以汲極電流之最大值/最小值量測開/關比率。

此外，此等特性可在膜沈積之前將n型半導體材料重複曝露於空氣後及在沈積後將電晶體裝置及/或通道層曝露於空氣後獲得。

不願受理論束縛，吾人咸信存在多種因素有助於本發明之以萘為主的四羧酸二醯亞胺化合物之所要特性。材料之固態結構具有個別經包裝之分子以致含有萘環系統及/或醯亞胺羧基的共軛萘核系統之軌道能夠與相鄰分子相互作

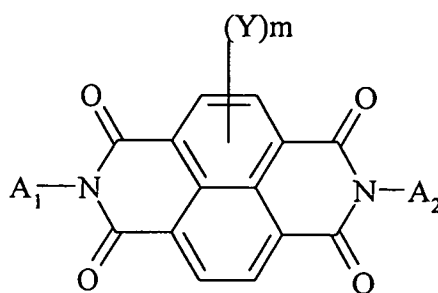
用，從而導致高遷移率。在使用此材料作為活性層之裝置中，此相互作用之方向具有平行於所要電流的方向之組件。由材料形成之膜的形態學大體上係連續的，以致經過材料之電流不具有不可接受之中斷。

化合物的最低位置未佔用分子軌域處於允許在有用電壓下自具有合理功函數之金屬注入電子之能量下。參看真空能階，此共軛結構通常具有3.5 eV至4.6 eV的所要最低未佔用分子軌域(LUMO)能階。如此項技術中已知，LUMO能階及還原電位大致描述材料之相同特徵。參考真空能階來量測LUMO能階值，且與標準電極相對在溶液中量測還原電位值。裝置應用的優勢在於結晶固體中之LUMO(其為半導體之導帶)及固體之電子親和力均參考真空位準來量測。後提及之參數通常不同於先前提及之參數，其由溶液獲得。

如上文所指出，本發明係關於一種在薄膜電晶體中包含有機半導體材料薄膜之物品，該有機半導體材料包含經N,N'-二環烷基取代之萘-1,4,5,8-雙(二羧甲醯亞胺)化合物，該等化合物具有直接附著至各醯亞胺氮原子的經取代或未經取代環烷基環，其中各脂環上之任何可選取代基均包含至少一個有機推電子基，亦即若一或多個取代基存在於兩個脂環系統中之一或兩者上，則一或兩個脂環上之該等取代基包含至少一個推電子基。兩個脂環系統可不同，且各脂環系統可獨立地具有不同取代或無取代。然而，較佳地各脂環系統較佳地相同，儘管各環系統上之取代即使

存在亦可不同。若兩個脂環系統經取代，則兩個脂環系統包含至少一個推電子取代基。非氰化萘核較佳未經除氰基以外之其他吸電子基(諸如鹵素或含羰基基團)取代。

在本發明之一實施例中，本發明經N,N'-二環烷基取代之以萘為主的四羧酸二醯亞胺化合物由以下通式結構I表示：



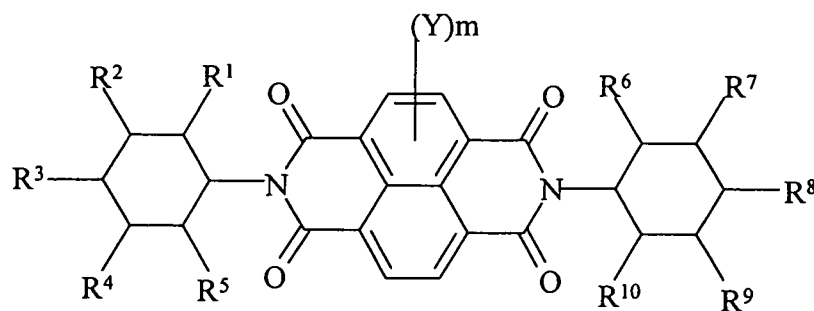
I

其中， A_1 及 A_2 獨立地為在環系統中包含4至10個、較佳4至7個碳之經取代或未經取代脂環系統。單環脂環系統之實例包括環丁基、環戊基、環己基或環庚基及諸如雙環[4.4.0]癸烷及雙環[4.3.0]壬烷之雙環脂環。

在上述結構I中，第一及第二二羧酸醯亞胺部分在萘核之1,4及5,8位置上附著至萘核之對側。萘核可視情況經多達4個獨立選擇之Y基取代，其中m為0至4之任何整數。較佳地，Y基獨立地選自推電子基。在萘核上之Y取代基可包括(例如)烷基、烯基及烷氧基，該等取代基不影響由該等化合物製成之膜的n型半導體特性。在萘核上禁止諸如氟或氯之鹵素、氰基或任何其他基團存在。亦最好避免傾向於在有益於半導體特性之分子的堆疊排列中干擾化合物

之共軛核的緊密接近的取代基。該等避免出現之取代基包括高度分枝基團、環結構及具有超過12個原子之基團，特定言之其中該等基團或環可經定向以形成共軛核之緊密接近的顯著立體障壁。另外，應避免取代基大體上降低化合物之溶解性及/或揮發性以致妨礙所需要之製造方法。

在一尤其有用之實施例中，可用於本發明中之含氟經N,N'-二環烷基取代之以萘為主的四羧酸二醯亞胺化合物由結構II來表示：



II

其中， R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 、 R^5 (在上述結構中之第一環己基環上)及 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} (在第二環己基環系統上)各自獨立地為H或有機推電子基，但允許環系統上之任何兩個相鄰R基可視情況組合以形成4至7員、較佳4至6員經取代或未經取代脂環，在該情形下形成橋式脂環系統。若化合物中之一或兩個脂環系統經取代，則分別在該一或兩個脂環系統上之至少一個取代基為推電子基，較佳為 C_1 - C_8 有機取代基，更佳為 C_1 - C_4 有機取代基，最佳為烷基取代基。例如，有機基團包括 CH_3 、直鏈或支鏈 C_2 - C_4 烷基、 C_1 - C_8 伸烷基(單價不飽和脂族烴)或 C_1 - C_8 烷氧基。在由結

構II表示之化合物中的第一及第二環系統為單環系統(例如環己基)之情形下，則所有 R^1 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 較佳地均為氫或推電子取代基。

較佳地， R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 及 R^5 中之至少兩者為H且同一環上之任何取代基均為推電子基，較佳為諸如 CH_3 之烷基；且 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 中之至少兩者為H且同一環上之任何取代基均為推電子基，較佳為諸如 CH_3 之烷基。更佳之結構為下列各物，其中 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 及 R^5 中之至少三者為H且同一環上之任何取代基均為推電子基，較佳為諸如 CH_3 之烷基；且 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 中之至少三者為H且同一環上之任何取代基均為推電子基，較佳為諸如 CH_3 之烷基。亦更佳之結構為下列各物，其中所有 R^1 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 均為氫且 R^2 及 R^7 均為推電子基，較佳為諸如 CH_3 之烷基；或其中所有 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 均為H。

在一特定實施例中，在化合物中的兩個環己基環中之每一者上確切地存在一獨立選擇之有機推電子取代基，其中該等取代基之本體及/或位置有所不同，或若該等取代基之本體及位置相同，則該等取代基在環己基環上關於醯亞胺氮之鄰位或間位上，而非對位上。

在上述結構II中，萘核未經氟化且可視情況經結構I中多達4個獨立選擇之Y基取代，其中m為0至4之任何整數。較佳地，Y基係獨立地選自推電子基。例如，萘核上之Y取代基可包括烷基、烯基及烷氧基，該等取代基不會對由該

等化合物製成之膜的n型半導體特性造成不利影響。待避免之除氟基以外的吸電子基包括含氟基團及含羰基或羧基之基團。亦最好避免傾向於在有益於半導體特性之分子的堆疊排列中干擾化合物之共軛核的緊密接近之取代基。該等待避免之取代基包括高度分枝基團、環結構及具有大於12個原子之基團，特定言之其中該等基團或環可經定向以形成共軛核之緊密接近的顯著立體障礙。另外，應避免取代基大體上降低化合物之溶解度及/或揮發性，以致妨礙所需要之製造方法。

除非另外明確地規定，否則術語"經取代"或"取代基"之使用意謂任何非氫之基團或原子。另外，當使用術語"基團"時，其意謂當取代基含有可取代之氫時，其亦意欲不僅涵蓋取代基未經取代之形式，而且涵蓋達到使其可進一步經任何其他所提及之取代基(在同一位置提及)取代之程度的形式，只要取代基不損害半導體效用之必要特性。必要時，取代基自身可經可接受之取代基進一步取代一或多次。舉例而言，烷基在R基(R^1 至 R^{10})之情形下可經烷氧基取代，或在Y基之情形下可經一或多個氟原子取代。當分子可具有兩個或兩個以上取代基時，除非另外提供該等取代基，否則其可結合在一起以形成脂族或不飽和環。

關於R基或Y基，除非另外指出，否則任何上述烷基之實例為甲基、乙基、丙基、異丙基、丁基、異丁基、第三丁基、戊基、己基、辛基、2-乙基己基及同類物。較佳具有1至6個碳原子、更佳具有1至4個碳原子之烷基意欲包括

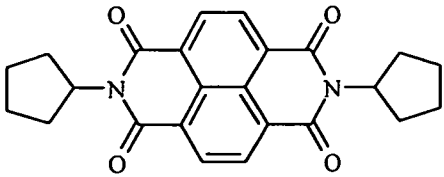
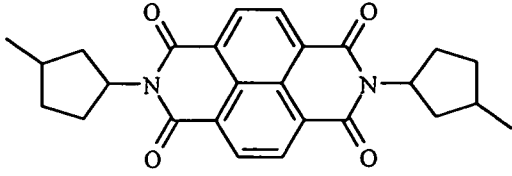
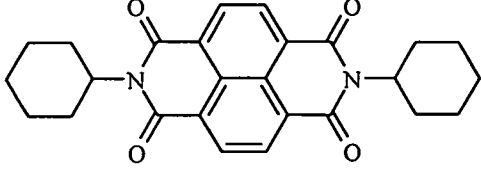
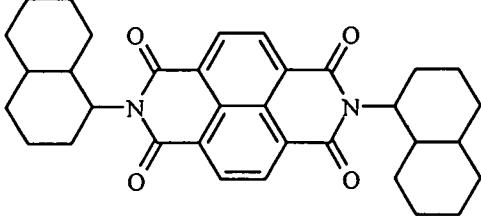
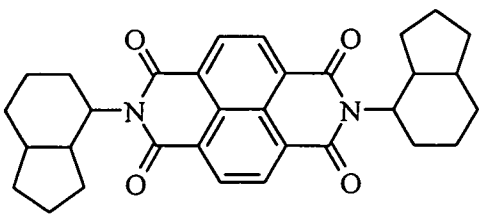
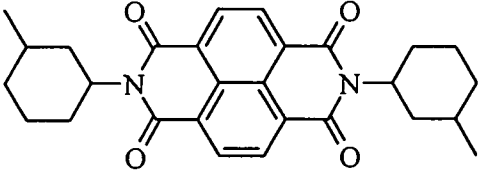
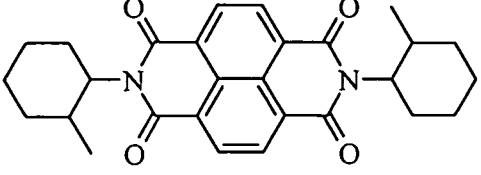
支鏈或直鏈基團。烯基可為乙烯基、1-丙烯基、1-丁烯基、2-丁烯基及同類物。

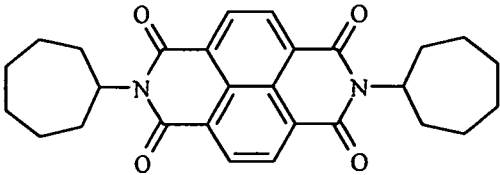
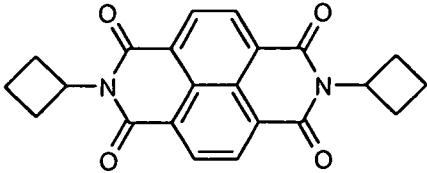
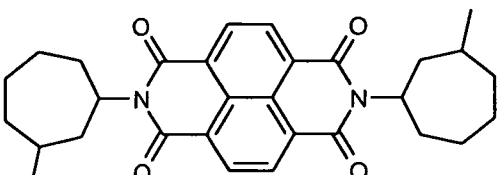
關於Y基，芳基可為苯基、萘基、苯乙烯基及同類物。芳烷基可為苄基、苯乙基及同類物。對於任何前述結構有用之取代基包括烷氧基及其類似基團。

當提及推電子基時，此可藉由哈梅特(Hammett)取代基常數(σ_p , σ_m)(如由 L.P. Hammett 在 *Physical Organic Chemistry* (McGraw-Hill Book Co., NY, 1940)中所述)或藉由塔夫特(Taft)極性取代基常數(σ_i)(如由 R. W. Taft 在 *Steric Effects in Organic Chemistry* (Wiley and Sons, NY, 1956)及其它標準有機教科書中所定義)指出或估計。該參數表徵環取代基(在對位上)影響反應位點之電子性質的能力，其可藉由其對於苯甲酸 pKa 之影響而初始量化。不過為達成預測及對比之目的，後續工作已有所延伸且改進了最初之概念及資料， σ_p 之標準設定在化學文獻中可廣泛獲得，如(例如)C. Hansch 等人，*J. Med. Chem.*, 17, 1207 (1973)。較佳地，推電子基具有小於零之 σ_p 或 σ_m ，更佳為小於 -0.05，最佳為小於 -0.1。 σ_p 值可用於指示本發明之結構中基團的推電子性質，如同在上述結構 II 中，甚至當結構 II 中基團未經對位取代時亦如此。吸電子基為具有大於或等於 0.20、較佳為 0.10 之哈氏(Hammett's)值之彼等基團。吸電子取代基包括(但不限於)硝基、氟、氰基、胺基、磺酸基、羰基、經取代之羰基及羧基取代基。較佳將任何含有鹵素(例如，氟)或氰基原子之基團視為用於達成本發明目

的之吸電子基。

有用之N,N'-雙環烷基取代之萘-1,4,5,8-雙(二羧甲醯亞胺)衍生物的特定說明性實例藉由下列各式展示：

I-1	
I-2	
I-3	
I-4	
I-5	
I-6	
I-7	

I-8	
I-9	
I-10	

藉由用過量諸如環己胺之適合胺使萘四羧酸二酐環化，便利地製備用於本發明中的對稱經N,N'-二環烷基取代之萘-1,4,5,8-雙(二羧甲醯亞胺)化合物。典型程序描述於歐洲專利申請案EP 251071及美國專利第4,156,757號以及美國專利第4,578,334號及第4,719,163號中。用於製備不對稱萘四羧酸二醯亞胺之典型程序描述於美國專利第4,714,666號中。接著藉由以 10^{-5} 至 10^{-6} 托之梯度昇華來純化粗材料。

本發明之另一態樣係關於一種用於製備半導體組件及併入該等組件之電子裝置的方法。在一實施例中，提供一基板且可將如上所述之一半導體材料層應用於該基板，與該層製成電接點。藉由所要半導體組件之結構來確定精確過程次序。因此，在有機場效電晶體之製造中，(例如)首先可使閘電極沈積於可撓性基板(例如有機聚合膜)上，接著使閘電極與介電質隔絕，且接著可將源電極及汲電極以及一n通道半導體材料層應用於其上。此類電晶體之結構及因此其製造次序可以熟習此項技術者已知的習慣方式變

化。因此，或者可首先沈積閘電極，隨後應用閘極介電，接著可應用有機半導體，且最終使源電極及汲電極之接點沈積於半導體層上。第三種結構可首先沈積源電極及汲電極，接著應用有機半導體，使介電質及閘電極沈積於其上。

熟練技工應瞭解可建構其他結構及/或可在薄膜電晶體之上述組件之間插入中間表面改質層。在大多數實施例中，場效電晶體包含絕緣層、閘電極、包含如本文所述的有機材料之半導體層、源電極及汲電極，其中絕緣層、閘電極、半導體層、源電極及汲電極係以任何次序存在，只要閘電極及半導體層均接觸絕緣層且源電極及汲電極均接觸半導體層。

支撐物可用於在製造、測試及/或使用期間支撐OTFT。熟練技工應瞭解經選擇用於商業實施例之支撐物可不同於經選擇用於測試或審核多個實施例的支撐物。在某些實施例中，支撐物並不提供TFT之任何必要電學功能。此類型之支撐物在此文獻中稱為"非參與支撐物"。有用之材料可包括有機或無機材料。舉例而言，支撐物可包含無機玻璃、陶瓷箔、聚合材料、填充聚合材料、經塗佈金屬箔、丙烯酸系聚合物、環氧樹脂、聚醯胺、聚碳酸酯、聚醯亞胺、聚酮、聚(氧基-1,4-伸苯基氧基-1,4-伸苯基羰基-1,4-伸苯基)(有時稱為聚(醚醚酮)或PEEK)、聚降冰片烯、聚苯醚、聚(伸乙基萘二酸酯)(PEN)、聚(對苯二甲酸乙二酯)(PET)、聚苯硫醚(PPS)及纖維加強塑料(FRP)。

可撓性支撐物用於本發明之一些實施例中。此允許可為連續過程之輥軋處理，以提供平面及/或硬質支撐物之規模經濟節約及製造經濟節約。在不造成扭曲或損壞的情形下，使用無輔助手之弱力，較佳選擇之可撓性支撐物能夠包覆在小於50 cm直徑、較佳為25 cm直徑、最佳為10 cm直徑之圓柱體的圓周。較佳之可撓性支撐物可在其自身上輥軋。

在本發明之一些實施例中，支撐物為可選的。舉例而言，在圖2中之頂部構造中，當閘電極及/或閘極介電提供足以達成所得TFT之預期用途之支撐時，無需支撐物。另外，支撐物可與一暫時支撐物組合。在該實施例中，舉例而言，當需要支撐物來達成諸如製造、運輸、測試及/或儲存之暫時目的時，可將一支撐物可拆卸地附著或機械地附著至該支撐物上。舉例而言，可撓性聚合支撐物可附著至硬質玻璃支撐物上，該硬質玻璃支撐物可移除。

閘電極可為任何有用之導電材料。在此項技術中已知之多種閘極材料亦適合，包括金屬、簡併摻雜半導體、導電聚合物及諸如碳墨或銀膠(silver-epoxy)之可印刷材料。舉例而言，閘電極可包含摻雜矽或諸如鋁、鉻、金、銀、鎳、鈹、鉑、鈹及鈦之金屬。亦可使用導電聚合物，例如聚苯胺、聚(3,4-伸乙二氧基噻吩)/聚(苯乙烯磺酸酯)(PEDOT:PSS)。另外，此等材料之合金、組合及多層可為有用的。

在本發明之一些實施例中，同一材料可提供閘電極功能

且亦提供支撐物之支撐功能。舉例而言，摻雜矽可充當閘電極且支撐OTFT。

在閘電極上提供閘極介電。此閘極介電使閘電極與OTFT裝置之其餘組件電絕緣。因此，閘極介電包含電絕緣材料。閘極介電應具有可取決於特定裝置及使用環境而廣泛變化的適合介電常數。舉例而言，吾人已知閘極介電之介電常數為2至100或更高。例如，適用於閘極介電之材料可包含無機電絕緣材料。閘極介電可包含聚合材料，諸如聚偏二氟乙烯(PVDF)、氟基纖維素、聚醯亞胺等。閘極介電可包含具有不同介電常數之複數個不同材料之層。

適用於閘極介電之材料之特定實例包括鋁酸鹽類、鉬酸鹽類、鈦酸鹽類、鎢酸鹽類、氧化鋁、氧化矽、氧化鉬、氧化鈦、氮化矽、鈦酸鋇、鈦酸鋁、鎢鈦酸鋇、硒化鋅及硫化鋅。另外，此等實例之合金、組合及多層亦可用於閘極介電。關於此等材料，氧化鋁、氧化矽及硒化鋅為較佳的。另外，諸如聚醯亞胺之聚合材料及展示出高介電常數之絕緣體。該等絕緣體論述於美國專利第5,981,970號中。

閘極介電可作為單獨層提供於OTFT中，或(例如)藉由氧化閘極材料以形成閘極介電而形成於閘極上。介電層可包含具有不同介電常數之兩個或兩個以上層。

藉由閘極介電使源電極及汲電極與閘電極分離，而有機半導體層可在源電極及汲電極之上或之下。源電極及汲電極可為任何有用之導電材料。有用之材料包括上述用於閘

電極之彼等材料中之大部分，例如鋁、鋇、鈣、鉻、金、銀、鎳、鈮、鉑、鈦、聚苯胺、PEDOT:PSS、其他導電聚合物、其合金、其組合及其多層。

薄膜電極(例如閘電極、源電極及汲電極)可藉由諸如物理氣相沈積(例如，熱蒸發、濺鍍)或噴墨印刷之任何有用方法來提供。此等電極之圖案化可藉由已知方法完成，諸如蔭罩法、加式光微影、減式光微影、印刷、微接觸式印刷及圖案塗佈。

如上文關於薄膜電晶體物品所述，有機半導體層可提供於源電極及汲電極之上或之下。本發明亦提供包含由本文所述方法製成之複數個OTFT的積體電路。使用上述N,N'-環烷基萘-1,4,5,8-雙(二羧甲醯亞胺)化合物製成的n通道半導體材料能夠形成於任何適合之基板上，該等基板可包含支撐物及諸如介電或絕緣材料(包括此項技術中已知之彼等材料)之任何中間層。

製備本發明之薄膜電晶體或積體電路之整個方法可在450°C的最大支撐溫度以下、較佳在250°C以下、更佳在150°C以下且更佳在100°C以下或甚至在約為室溫的溫度(25°C至70°C)下進行。一旦某人具有本文所含有之本發明知識，則溫度選擇通常取決於此項技術中已知之支撐物及處理參數。此等溫度顯著低於傳統積體電路及半導體處理溫度，其能夠使用多種相對廉價支撐物中之任一者，諸如可撓性聚合支撐物。因此，本發明能夠製造含有具顯著改良效能之有機薄膜電晶體之相對廉價的積體電路。

用於本發明之化合物可易於處理且熱穩定至諸如可使其蒸發之程度。該等化合物具有顯著揮發性，以致必要時易於達到氣相沈積。該等化合物可藉由真空昇華而沈積於基板上。

亦有可能藉由快速昇華方法進行沈積。一種此類方法為向含有基板之腔室及使化合物保持粉末狀形式之源容器施加35毫托的真空，且加熱容器數分鐘，直至化合物昇華至基板上。通常，最有用之化合物形成良序膜，因無定形膜不太適用。

其中存在適用於本發明之n通道半導體膜的裝置尤其包括薄膜電晶體(TFT)，尤其有機場效薄膜電晶體。該薄膜亦可用於具有有機p-n接合點之多種類型的裝置中，諸如描述於Liu之US 2004,0021204 A1第13至15頁中。

例如，其中存在適用之TFT及其它裝置之電子裝置包括更複雜電路：例如，移位暫存器、積體電路、邏輯電路、智慧卡、記憶體裝置、射頻辨識名牌、用於主動矩陣顯示器之底板、主動矩陣顯示器(例如液晶或OLED)、太陽能電池、環式振盪器及諸如反相器電路之互補電路，(例如)以及使用可用p型有機半導體材料(諸如并五苯)製成之其他電晶體。在一主動矩陣顯示器中，本發明之電晶體可用作顯示器像素之電壓保持電路的部分。在含有本發明TFT之裝置中，該等TFT藉由此項技術中已知之方法可操作性連接。

本發明進一步提供一種用於製造上述電子裝置中之任一

者之方法。因此，本發明在包含一或多個所述 TFT 的物品中體現。

藉由以下實例可證明本發明之優勢，該等實例意欲為例示性的。

實例

A. 材料合成

根據 Rademacher, A. 等人在 Chem. Ber. 1982 115, 2927 中所述之通用方法，藉由用過量環烷基胺使萘四羧酸二酐環化，便利地製備用於本發明中的經 N,N'-二環烷基取代之萘-1,4,5,8-雙(二羧甲醯亞胺)化合物。舉例而言，藉由用過量環己胺使萘四羧酸二酐環化，便利地製備用於本發明中的經 N,N'-二環己基-1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺(化合物 I-3)。因此，使可購自 Aldrich Chemical Company 之萘四羧酸二酐、亦可購自 Aldrich 之 3-4 當量過量胺(例如環己胺)、催化量之乙酸鋅及每公克二酐分子 10-15 ml 喹啉的混合物在約 220°C 溫度下加熱 4-5 小時。使混合物冷卻至室溫，且收集、過濾且用丙酮洗滌沉澱之固體，隨後用沸騰的 0.1 M Na₂CO₃ 水溶液、沸水及溫甲苯各 200 ml 洗滌，使其保持在產物大體上溶解之溫度以下。接著藉由以 10⁻⁵ 至 10⁻⁶ 托之梯度昇華來純化固體。(如上所述，藉由用過量適合之胺使萘四羧酸二酐環化來便利地製備其他化合物。)接著藉由以 10⁻⁵ 至 10⁻⁶ 托之梯度昇華來純化粗材料。

B. 裝置製備

為測試本發明之多種材料之電學特徵，通常使用頂部接

觸幾何形狀來製造場效電晶體。所用之基板為大量摻雜之矽晶圓，其亦用作電晶體之閘極。閘極介電為具有185 nm厚度之熱生長 SiO_2 層。先前已展示藉由處理閘極介電之表面可改良電學特性之p型及n型電晶體。對於在此所述之大多數實驗而言，用薄(<10 nm)、旋塗之聚合物層或十八烷基三氯矽烷(OTS)之自組單層(SAM)來處理氧化物表面。通常，在比較實驗中包括未經處理之氧化物樣本。

苯四羧酸二醯亞胺之活性層經由在熱蒸發器中之真空沈積而沈積。在大多數實驗中，在基板溫度保持90℃時，沈積率為每秒0.1埃。活性層之厚度在一些實驗中為一變數，但通常為25 nm。藉由蔭罩來沈積50 nm厚度之金接點。使通道寬度保持420微米，而通道長度則在50與175微米之間變化。進行一些實驗以查看其他接觸材料之效應。少數裝置由底部接觸幾何形狀製成，其中該等接點在活性材料之前沈積。

C. 裝置量測及分析

用Hewlett Packard HP 4145b[®]參數分析器進行所製造裝置之電學表徵。除特意用於測試裝置在空氣中之穩定性之彼等量測以外，對於所有量測而言均使探針量測點保持在正性氬環境中。除非研究對白光之敏感性，否則量測均在硫照明下進行。在測試之前使裝置曝露於空氣中。

對於所執行之各實驗而言，在製備之各樣本上測試4至12個個別裝置，且對結果求平均值。對於各裝置而言，隨著源極-汲極電壓(V_d)關於閘極電壓(V_g)各值之變化來量測

汲極電流 (I_d)。對於大多數裝置而言，關於所量測之各閘極電壓自 0 V 至 80 V 掃描 V_d ，通常為 0 V、20 V、40 V、60 V 及 80 V。在此等量測中，亦記錄閘極電流 (I_g) 以偵測通過裝置之任何漏電流。此外，對於各裝置而言，以閘極電壓關於源極-汲極電壓各值之變化來量測汲極電壓。對於大多數裝置而言，關於所量測之各汲極電壓自 0 V 至 80 V 掃描 V_g ，通常為 40 V、60 V 及 80 V。

根據資料求出之參數包括場效遷移率 (μ)、臨限電壓 (V_{th})、亞臨限斜率 (S) 及關於所量測汲極電流之 I_{on}/I_{off} 比率。在飽和區域中求出場效遷移率，其中 $V_d > V_g - V_{th}$ 。在此區域中，藉由等式 (見 Sze 之 Semiconductor Devices-Physics and Technology, John Wiley & Sons (1981)) 給出汲極電流：

$$I_d = \frac{W}{2L} \mu C_{ox} (V_g - V_{th})^2$$

其中， W 及 L 分別為通道寬度及長度，且 C_{ox} 為氧化層之電容，其隨氧化物厚度及材料介電常數而變化。給定此等式，自擬合至 $\sqrt{I_d}$ - V_g 曲線之線性部分的直線求出飽和場效遷移率。臨限電壓 V_{th} 為此直線擬合之 x 截距。遷移率亦可自線性區域求出，其中 $V_d \leq V_g - V_{th}$ 。在此，藉由等式 (見 Sze 之 Semiconductor Devices-Physics and Technology, John Wiley & Sons (1981)) 給出汲極電流：

$$I_d = \frac{W}{L} \mu C_{ox} \left[V_d (V_g - V_{th}) - \frac{V_d^2}{2} \right]$$

對於此等實驗而言，並未求出線性能譜中之遷移率，因為此參數顯著受接點處之任何注入問題影響。一般而言，在 I_d - V_d 曲線中的低 V_d 處之非線性指示出裝置之效能受接點之電荷注入限制。為獲得在很大程度上與給定裝置之接點缺陷無關之結果，以裝置效能之特徵參數來求出飽和遷移率而非線性遷移率。

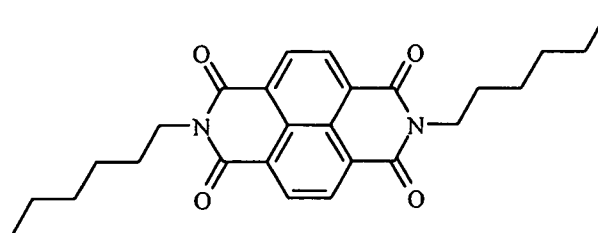
繪製出隨閘極電壓而變化之汲極電流的對數曲線。自對數 I_d 曲線求出之參數包括 I_{on}/I_{off} 比率及次臨限斜率 (S)。 I_{on}/I_{off} 比率僅為最大汲極電流與最小汲極電流之比率，且 S 為汲極電流增加 (亦即裝置開啟) 之區域中 I_d 曲線之斜率的倒數。

D. 結果

下列實例證明與普通 N,N'-二己基-1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺相比較，包含經 N,N'-二環己基取代之-1,4,5,8-以萘為主的四羧酸二醯亞胺之發明性裝置提供具高遷移率及開/關比率之改良 n 通道半導體膜。在飽和區域中計算之遷移率介於 0.07 與 $2.5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之間，且開/關比率為 10^4 至 10^5 。除改良之效能以外，裝置亦展示良好再現性。

比較實例 1

此實例證明由 N,N'-二己基-1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺 C-1 製成之 n 型 TFT 裝置：



C-1

將具有熱生長 SiO_2 層之大量摻雜矽晶圓用作基板，該熱生長 SiO_2 層具有185 nm之厚度。將晶圓在piranah溶液中清潔10分鐘，隨後在紫外/臭氧腔室內曝露6分鐘。接著用十八烷基三氯矽烷(OTS)之自組單層處理經清潔之表面，該自組單層由庚烷溶液在濕度受控環境下製成。量測水接觸角及層厚度以確保經處理表面之品質。具有良好品質OTS層之表面具有大於 90° 之水接觸角，及由橢圓偏光法確定在27 Å至35 Å範圍內之厚度。

藉由真空昇華使經純化之N,N'-二己基-1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺C-1在 2×10^{-7} 托壓力下以每秒0.1埃之速率沈積至如石英晶體所量測的10 nm厚度。在沈積期間，使基板保持 90°C 之恆定溫度。使樣本短時間曝露於空氣中，接著藉由蔭罩使金源及汲電極後續沈積至50 nm厚度。製成之裝置具有420微米之通道寬度，而通道長度在50與175微米之間變化。製備多個OTFT且對於各沈積操作而言測試4至12個OTFT之代表性樣本。平均結果呈現於下表1中。

使裝置曝露於空氣中，接著在氬氣氛中使用Hewlett-Packard 4145B[®]半導體參數分析器進行量測。對於各電晶體而言，由 $(I_D)^{1/2}$ - V_G 曲線之斜率來計算場效遷移率(μ)。在飽和區域中發現平均遷移率為 $0.12 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 。平均開關比率為 1.3×10^6 且平均臨限電壓為41.63 V。量測以此方式製備之裝置的高達 $0.15 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之飽和遷移率。

實例2

此實例證明使用本發明之經N,N'-二環己基-1,4,5,8-萘四

羧酸二醯亞胺(化合物I-3)的n型TFT裝置之改良效能。

如同在比較實例1中製造包含作為活性材料之化合物I-3之n型TFT裝置。因此，藉由真空昇華使化合物I-3在 2×10^{-7} 托壓力下以每秒0.5埃之速率沈積至如石英晶體所量測的25 nm厚度。在沈積期間，使基板保持90℃之恆定溫度。使樣本短時間曝露於空氣中，接著藉由蔭罩使金源及汲電極後續沈積至50 nm厚度。製得的裝置具有約420微米之通道寬度，而通道長度在50與175微米之間變化。製備多個有機薄膜電晶體(OTFT)且關於各沈積操作而言測試4至12個OTFT之代表性樣本。平均結果呈現於下表1中。

使裝置曝露於空氣中，接著在氬氣氛中使用Hewlett-Packard 4145B[®]半導體參數分析器進行量測。由 $(I_D)^{1/2}$ - V_G 曲線之斜率來計算平均場效遷移率(μ)，其在飽和區域內將為 $3.67 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 。平均開關比為 1.4×10^8 且平均臨限電壓為 $V_T = 53.9 \text{ V}$ 。量測以此方式製備之類似裝置的高達 $5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之飽和遷移率。

表 1

	活性OTFT 材料	$\mu(\text{cm}^2/\text{Vs})$	$\sigma(\mu)$	$V_{th}(\text{V})$	$\sigma(V_{th})$	I_{on}/I_{off}
比較實例1	C-1	0.127	0.049	41.63	6.32	1.43×10^6
發明實例2	I-1	3.67	1.063	53.89	1.24	1.4×10^8

此實例清楚地證明在薄膜電晶體中使用化合物I-3作為n型材料之優勢。相對比較實例C-1，遷移率改良因數約為30，證明在用於裝置中之有機半導體化合物上的環烷基環

取代在裝置效能方面具有相當有利之效果。

【圖式簡單說明】

圖1說明具有底部接觸組態之典型有機薄膜電晶體之橫截面圖；且

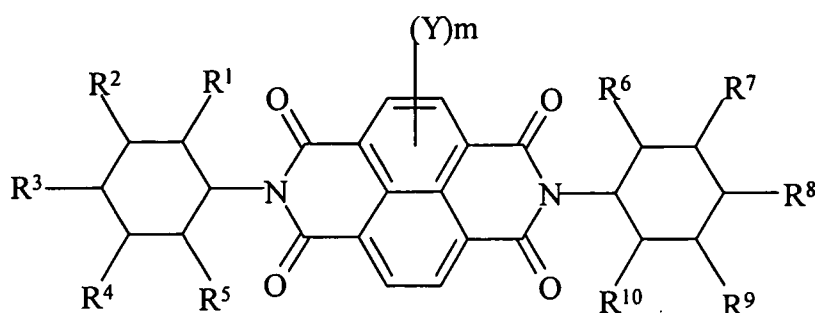
圖2說明具有頂部接觸組態之典型有機薄膜電晶體之橫截面圖。

【主要元件符號說明】

20	源電極
28	基板
30	汲電極
44	閘電極
56	閘極介電
70	半導體

十、申請專利範圍：

1. 一種物品，其在一薄膜電晶體中包含一有機半導體材料之薄膜，該有機半導體材料之薄膜包含由以下結構表示之經N,N'-二環烷基取代之1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺化合物：



其中，在上述結構中之兩個環己基環之第一者上的R¹、R²、R³、R⁴及R⁵與在該兩個環己基環之第二者上的R⁶、R⁷、R⁸、R⁹及R¹⁰各自獨立地為H或有機取代基，允許環系統上之任何兩個相鄰R基可視情況組合以形成作為橋式脂環系統之部分的4至7員經取代或未經取代環，其中該化合物中的脂環系統上之任何取代包括至少一個有機推電子基；且其中Y為並非吸電子基且不會對該有機半導體材料之有效半導體特性造成不利影響之取代基，且m為0至4。

2. 如請求項1之物品，其中該薄膜電晶體為一場效電晶體，該場效電晶體包含一介電層、一閘電極、一源電極及一汲電極；且其中該介電層、該閘電極、該有機半導體材料之薄膜、該源電極及該汲電極以任何次序存在，只要該閘電極及該有機半導體材料之薄膜均與該介電層接觸，且該源電極及該汲電極均與該有機半導體材料之

薄膜接觸。

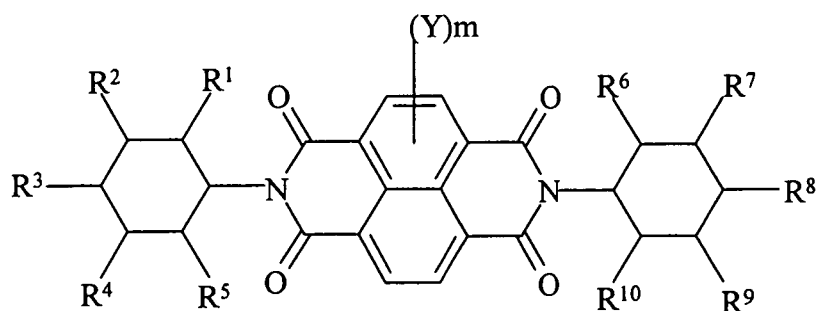
3. 如請求項1之物品，其中該有機半導體材料之薄膜能夠展示出大於 $0.01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 之電子遷移率。
4. 如請求項1之物品，其中該等苯核上之Y取代基係選自由烷基、烯基及烷氧基組成之群。
5. 如請求項1之物品，其中所有 R^1 至 R^{10} 基為氫。
6. 如請求項1之物品，其中該化合物中之第一及第二脂環系統均包含至少一個烷基推電子基。
7. 如請求項1之物品，其中該結構中之兩脂環系統均為具有5至6個碳環原子的單環脂環系統，其各自獨立地未經取代或經至少一個推電子基取代。
8. 如請求項1之物品，其中該化合物中之第一及第二脂環系統中之一或兩者均為經至少一個烷基推電子基取代的環己基環。
9. 如請求項1之物品，其中在該結構中， R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 各自獨立地選自H、 CH_3 、直鏈或支鏈 C_2 - C_4 烷基、烯基、烷氧基或其他具有1至4個碳原子之有機推電子基。
10. 如請求項1之物品，其中在該結構中， R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 及 R^5 中之至少兩者為H且 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 中之至少兩者為H。
11. 如請求項10之物品，其中在該結構中， R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 及 R^5 中之至少三者為H且 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 中之至少

三者為H。

12. 如請求項1之物品，其中在該結構中，所有 R^1 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 均為H且 R^2 及 R^7 中之至少一者為烷基；或所有 R^2 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 均為H且 R^1 及 R^6 中之至少一者為 CH_3 。
13. 如請求項8之物品，其中在該兩個環己基環之每一者上確切地存在一獨立選擇之推電子有機取代基，且其中該等取代基之本體及/或位置有所不同，或若該等取代基之本體及位置相同，則該等取代基在該等環己基環上關於該醯亞胺氮之鄰位或間位上，而非對位上。
14. 如請求項1之物品，其中該等推電子基及/或該等Y基係獨立地選自烷基、烯基及烷氧基。
15. 如請求項1之物品，其中該薄膜電晶體具有至少 10^4 之源極/汲極電流之開/關比率。
16. 如請求項2之物品，其中該閘電極經調適以借助於一施加至該閘電極之電壓控制一在該源電極與該汲電極之間經過該有機半導體材料之薄膜的電流。
17. 如請求項2之物品，其中該介電層包含無機或有機電絕緣材料。
18. 如請求項1之物品，其中該薄膜電晶體進一步包含一視情況具有可撓性之非參與(non-participating)支撐物。
19. 如請求項2之物品，其中該源電極、該汲電極及該閘電極各自獨立地包含選自摻雜矽、金屬及導電聚合物之材料。

20. 一種選自由積體電路、主動矩陣顯示器及太陽能電池組成之群的電子裝置，其包含多個如請求項1之薄膜電晶體。
21. 如請求項20之電子裝置，其中該多個薄膜電晶體係在一視情況具有可撓性之非參與支撐物上。
22. 一種用於製造一薄膜半導體裝置之方法，其包含不必以下列次序存在之下列步驟：

(a)使一n通道有機半導體材料之薄膜沈積於一基板上，該有機半導體材料之薄膜包含由以下結構表示之經N,N'-二環烷基取代之1,4,5,8-萘四羧酸二醯亞胺化合物：



其中，在上述結構中之兩個環己基環之第一者上的 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 及 R^5 與在該兩個環己基環之第二者上的 R^6 、 R^7 、 R^8 、 R^9 及 R^{10} 各自獨立地為H或有機取代基，允許環系統上之任何兩個相鄰R基可視情況組合以形成作為橋式脂環系統之部分的4至7員經取代或未經取代環，其中該化合物中的脂環系統上之任何取代包括至少一個有機推電子基；且其中Y為並非吸電子基且不會對該有機半導體材料之有效半導體特性造成不利影響之取代基，且m為0至4，使得該有機半導體材料展示出大於0.01

cm^2/Vs 之場效電子遷移率；

(b)形成一間隔分離的源電極及汲電極，其中該源電極及該汲電極藉由該n通道半導體膜分離，且與該n通道半導體膜電連接；及

(c)形成一與該有機半導體材料間隔分離之閘電極。

23. 如請求項22之方法，其中該化合物藉由昇華沈積於該基板上，且其中該基板在沈積期間具有不超過 100°C 之溫度。

24. 如請求項22之方法，其中該化合物為經N,N'-二環己基-萘-1,4,5,8-四羧酸二醯亞胺或經N,N'-二環戊基-萘-1,4,5,8-四羧酸二醯亞胺。

十一、圖式：

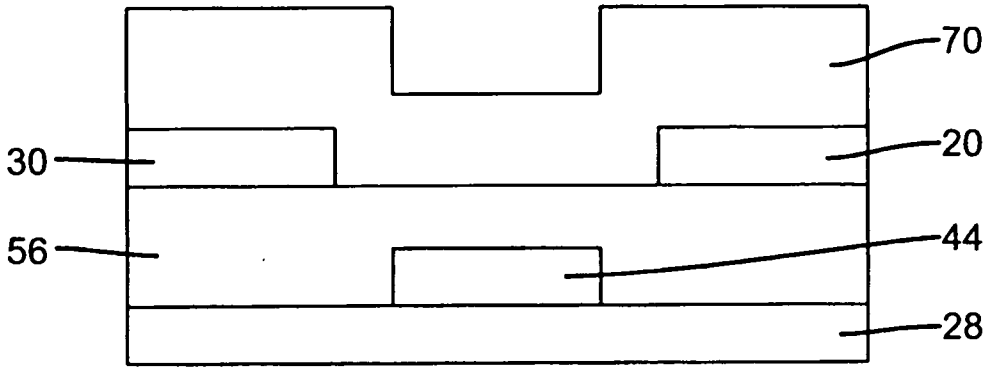


圖1

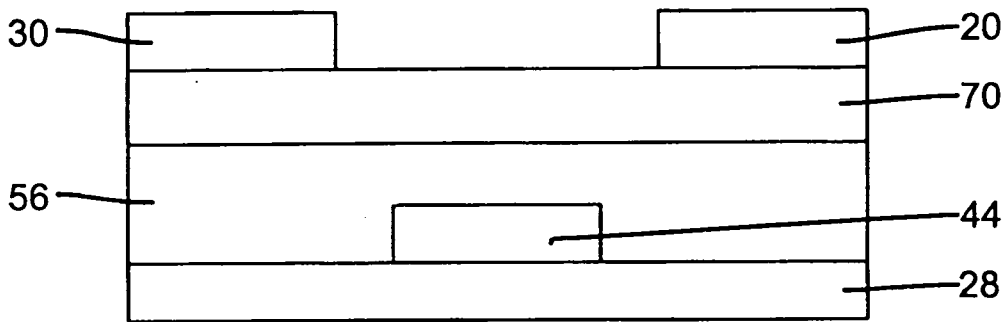


圖2